2A1) Skyradiometer를 이용한 계절별 에어로졸 광학적 특성 조사

Study of Seasonal Variations in Aerosol Optical Properties Using Skyradiometer

최용주 · 김영성 · 김도형[1)]
한국외국어대학교 환경학과, [1)]기상청 지구환경위성과

1. 서 론

에어로졸은 단파장과 장파장의 산란, 흡수를 통하여 직접적으로, 그리고 구름 응결핵 크기분포를 변화시키면서 간접적으로 기후변화에 영향을 끼친다. 1980, 90년대 에어로졸의 광학적 특성은 주로 시정과 관련하여 연구되었으나, 1990년대 후반 이후 에어로졸에 의한 기후변화가 큰 이슈가 되면서 지표부터 대기 상층까지 컬럼 내 에어로졸의 광학적 특성은 기후변화에 대한 에어로졸의 영향을 분석하기 위한 중요한 수단으로 주목받고 있다. 이러한 에어로졸은 거시적 물리 특성(생성 기원, 침적, 부유)과 미시적 물리 특성(조성, 크기 분포, 화학적 작용, 수명, 그리고 시간별 변화)에 의해 대기복사에 영향을 미치기 때문에 복잡한 메커니즘을 이해하기 위하여서는 연속적인 장기간의 관측이 필수적이다.

GAW(Global Atmosphere Watch)에서는 다섯 가지의 에어로졸 주요 측정 항목(에어로졸 광학적 두께, 산란, 흡수, 조대입자와 미세입자의 질량 농도 및 화학적 조성)이 우선시 되어야 한다고 권고했다. 이 중 에어로졸 광학적 두께와 단산란 알베도 같은 광학적 특성의 지표 측정은 현재 AERONET (sunphotometer)과 SKYNET(skyradiometer)을 비롯한 다양한 지구적 네트워크에서 수행 중에 있다.

에어로졸의 관측은 전 지구적 네트워크뿐만 아닌 위성 원격 탐사로도 이루어지고 있다. 위성의 경우 아직까지는 높은 지표 알베도의 영향으로 인해 관측결과 자료의 신뢰도가 다소 떨어지는 단점이 있기 때문에, 지상 관측망에 의한 대기질 모니터링은 그 정확한 관측에 외에도 위성자료를 검증하는데 있어 매우 중요하다. 하지만 최근 에어로졸 광학적 특성 복원 기술이 발달하면서 해당 지역의 에어로졸의 특성을 파악하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

2. 연구 방법

경기도 용인시 한국외국어대학교 자연과학대학 옥상(127.16°E, 37.20°N, 고도 167m)에 일본 Prede사의 POM-02 skyradiometer를 설치하여 2007년 4월부터 일사를 관측을 수행 중에 있다. 이번 연구는 이 중 초반에 해당되는 2007년 4월부터 2007년 11월의 자료를 분석하여 특성을 알아보았다. 총 11개의 파장 필터를 가지고 일사를 측정하는데 이 중 2개는 각각 오존과 수증기 흡수 밴드이다. 직달 일사는 일정한 방위각에서 태양의 이동면을 따라 천정각을 변화시키며 측정하고, 산란 일사는 태양의 천정각에서 수평면을 따라 방위각을 변화시키며 관측한다. 10분 간격으로 산란 일사를 측정하며, 측정이 이루어지지 않는 시간 동안 30초 간격으로 직달 일사를 측정한다. 측정 원리는 광원인 태양의 초기 복사량을 가정한 후, 에어로졸에 의해 감쇄되는 양을 측정한다. Skyrad.Pack v4.2(Nakajima et al., 1996)을 이용하여 측정된 전압값을 광학적 특성으로 복원한다.

AOD는 컬럼 내 부유하는 에어로졸에 의한 빛의 감쇄를 나타내는 물리량이며, SSA는 산란계수와 소멸계수의 비로써, 산란의 정도를 나타낸다. 파장별 광학적 두께로부터 계산하는 옹스트롬 지수(Ångström exponent, α)는 크기변수에 따른 파장별 감쇄효율의 비로써, 값이 작을수록 조대입자, 클수록 미세입자가 우세함을 의미한다. 허수부 굴절률은 에어로졸의 특성에 따라 빛이 흡수되는 양을 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

에어로졸의 광학적 특성을 조사할 때 가장 중요한 단계의 하나는, 구름에 의해 영향을 받은 자료를

효과적으로 제거하는 것이다. 본 연구에서는 (1) 하루 중 측정결과가 세 개 미만의 경우를 제외한 뒤, (2) 30초 간격인 직달 일사 광학적 두께간의 차가 0.015 이하인 것 중, (3) 가장 근접한(1분) 산란 일사 광학적 두께와의 차이가 0.03에 해당되는 값을 사용하였다. 그 결과 총 2697개 데이터 중, 806개가 구름에 의한 영향으로 판단되어 제거되었으며, 특히 여름철에는 장마와 같은 잦은 강우로 인하여 많은 측정이 이루어지지 않았다. 따라서 단기간 관측 기간으로는 여름철의 광학적 특성을 파악하기에 어려운 점이 있어 경향성을 알아보는데 중점을 두었다.

여름철을 제외한 월별 광학적 두께의 경우 5월이 가장 높고 10월이 가장 낮은 반면 산란률과 옹스트롬 지수의 경향은 반대였다. 이는 봄철이 황사의 영향으로 토양 입자의 비중이 높아 대기의 탁도가 높으며, 4월 1일 강한 황사가 발생했음에도 5월에 광학적 두께가 높은 것은, 황사 발생은 없었으나 조대입자의 영향이 빈번하였기 때문으로 추정되었다. 또한 낮은 산란률과 허수부 굴절률은 조대입자에 빛을 흡수하는 물질(e.g. 검댕)이 중국 공업지역을 지나면서 혼재된 때문으로 이해되었다. 반면 10월과 같은 가을철에는 대기 탁도가 낮은데 비하여 빛을 산란시키는 물질(e.g. sulfate, nitrate)이 우세하여 산란률과 허수부 굴절률이 높았다.

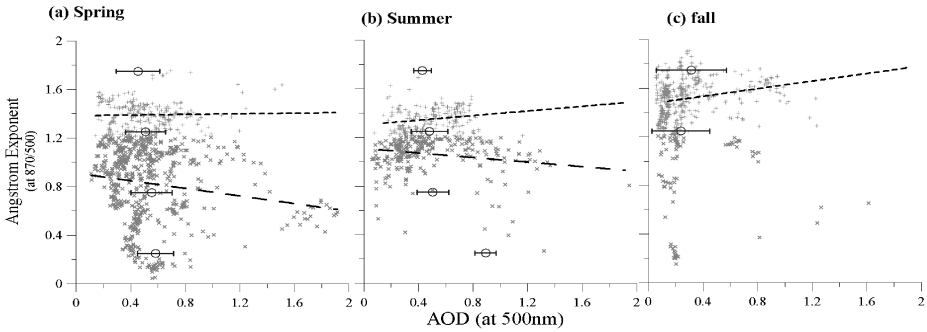

Fig. 1. AOD와 옹스트롬 지수의 상관관계. 연평균 옹스트롬 지수 1.2을 경계로 이보다 크면 미세입자, 작으면 조대입자로 분류하여 각각에 대하여 AOD와의 상관관계를 조사.

그림 1은 조대입자와 미세입자로 분류하여 계절별 광학적 두께와 옹스트롬 지수의 상관관계를 표시한 것이다. 봄철은 주로 조대입자 영역에서 광학적 두께가 증가하며 광학적 두께가 커질수록 입자의 크기가 증가하기 때문에, 미세입자는 분율이 작을 뿐 아니라 광학적 두께에 따른 변화도 미비하다. 여름철은 봄철에 비해 조대입자의 영향이 감소한 대신, 미세입자의 비중이 높아져 미세입자가 우세할수록 탁도가 증가하는 것을 볼 수 있다. 가을철에는 조대입자의 영향이 확연히 줄어들면서 입경이 작을수록 광학적 두께가 커지는 모습이 명확하다. 2차 생성에 의하여 미세입자 생성이 활발할수록 대기의 탁도가 증가됨으로써 나타난 현상으로 이해할 수 있다.

참 고 문 헌

Dubovik, O., A. Smirov, B.N. Holben, M.D. King, Y.J. Kaufman, T.F. Eck, and I. Slutsker (2000) Accuracy assessments of aerosol optical properties retrieved from Aerosol Robotic Network (AERONET) Sun and sky radiance measurements, Journal of Geophysical Research, 105, 9791-9806.

Nakajima, T., T. Nakajima, G. Tonna, R. Rao, P. Boi, Y. Kaufman, and B. Holben (1996) Use of sky brightness measurements from ground for remote sensing of particulate polydispersions, APPLIED OPTICS, 35, 2672-2686.